УДК 553.06

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФОРМАЦИОННОГО МЕТОДА В РУДНОЙ ГЕОЛОГИИ. Часть 3

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Обсуждается альтернативный вариант совершенствования рудноформационного метода с учетом накопленных в рудной геологии знаний. Предлагается оценивать рудную формацию как вещественно-генетическую категорию, аккумулирующую данные о физико-химических и термодинамических режимах рудообразования, но на этапе выделения (обоснования) лишенную геологического (металлогенического) содержания. Вещественное содержание рудной формации определяется принадлежностью объединяемых в ней месторождений к геологической формации с полным комплексом присущих ей сингенетичных полезных ископаемых, заключенных в её субстрате. Поликомпонентная рудная формация включает монокомпонентные рудные субформации по видам минерального сырья. Геологические режимы рудообразования диагностируются в процессе металлогенических исследований и в случае конвергентного оруденения учитываются в ранге геологических типов — составных частей рудных субформаций. В предлагаемом понимании назначения рудноформационного метода и содержания рудных формаций, рудных субформаций и геологических типов все таксоны рудноформационной иерархии составляют непосредственное основание генетической классификации рудообразующих процессов и могут представлять непосредственное основание геолого-генетической классификации рудообразующих процессов, разработка которой — задача ближайшего будущего.

Введение

В предыдущих статьях цикла [1, 2] выполнен анализ современного состояния рудноформационного метода в теоретическом и прикладном его аспектах. Результаты анализа сформулированы в виде выводов, существо которых сводится к следующему.

Во-первых, полувековая реализация заложенных основоположниками метода С.С. Смирновым и Ю.А. Билибиным идей обеспечила получение обширных эмпирических материалов, раскрывающих многие ранее не известные закономерности геологических процессов, в том числе рудообразующих.

Во-вторых, к началу восьмидесятых годов прошлого столетия накопились многочисленные факты, которые в совокупности не укладываются в рамки общепринятых принципов формационной типизации месторождений полезных ископаемых. Стало очевидным, что рудно-минеральный, метально-минеральный состав руд не может обеспечить дискретность формационных совокупностей в принципе вследствие чрезвычайно многообразных обычно постепенных элементно-минеральных взаимопереходов между месторождениями одного и разных видов минерального сырья, в частности и, прежде всего, – гидротермальными. Эту особенность оруденения на примере оловянных месторождений отметил еще С.С. Смирнов [3]. Существуют различные оценки того, что следует принимать за вещественный состав руд и не найдены критерии его сходства (различий) в месторождениях одного полезного ископаемого, без чего вещественные границы рудных формаций остаются размытыми, а сами рудные формации несут признаки неопределенности. Все это служит причиной многовариантности формационных классификаций месторождений одного вида полезного ископаемого, которые в работах разных авторов отчасти сопоставимы или даже не сопоставимы между собой [2].

В третьих, в процессе формационных (металлогенических) исследований открыты широко выраженные явления конвергенции и дивергенции рудообразования, и это создало для разработчиков формационного метода еще одну проблему: либо отказаться на этапе выделения (обоснования) рудных формаций от учета геологических режимов, условий, ситуаций реализации рудообразующих процессов, либо учитывать их все в объёме одной рудной формации, либо рудную формацию принятого вещественного содержания и одного полезного ископаемого дифференцировать по признакам различий в геологической обусловленности рудо-

образования на две или более. Первый путь не нашел сколько-нибудь серьезной поддержки исследователей проблемы, считался и считается неприемлемым по той причине, что в этом случае рудная формация, которая в современном понимании изначально была ориентирована на прогноз, потеряла бы прогнозные функции. Насколько известно автору, немногие специалисты направились по третьему пути. В практике выделения рудных формаций общепринят второй вариант [2] при том, что сходство (единообразие) геологических условий (режимов и/или ситуаций) рудообразования оставалось и остается непременным условием объединения месторождений в рудную формацию. Последнее превратилось в невыполнимую декларацию, поскольку в этом случае не соблюдаются заявленные большинством авторов в формулировках рудной формации принципы (сходство геологических условий рудообразования), рудная формация становится конвергентной, что вызвало справедливые возражения [4 и др.]. К трудностям, усложняющим понимание геологического содержания рудных формаций, относится также дискуссионность многих положений, представлений, касающихся обусловленности рудообразования, особенно гидротермального, геологическими процессами (геологических режимов, связей с магматизмом и других). Эти трудности не относятся к числу легко устранимых в обозримом будущем.

Таким образом, вопреки оптимистичным заявлениям некоторых специалистов, факты свидетельствуют о том, что рудноформационный метод пребывает в глубоком кризисе. Всеобщая убежденность в том, что предложенные основателями метода подходы к типизации месторождений – в полном объёме единственно верные, привела к вполне прогнозируемому результату. Редкие альтернативные предложения, опирающиеся на критический анализ ситуации и направленные на корректировку метода в связи с накопившимися новыми фактами [5 и др.], не находили понимания в среде работавших по данной проблеме исследователей. В связи с этим, уместно напомнить высказывания основоположника метода С.С. Смирнова [3], который, предлагая новые подходы и понимая сложности в решении проблемы, предостерегал от догм, вероятно, предвидя дальнейшее развитие событий.

Ответы на вопрос о том, что делать, в предварительном виде формулировались ранее [5, 6 и др.]. С учетом накопленных на данное время в области теории рудообразования, осадочной, магматической, метасоматической формациологии знаний, важности формационного метода (принципа формаций, по Ф.Н. Шахову) в решении теоретических и прикладных проблем целесообразно продолжать дискуссию и искать пути выхода из кризиса, имея в виду давно назревшую потребность открыть рудноформационный метод для неформальных поисков решений, выходящих за рамки единственно верных подходов.

В числе ключевых аспектов метода ниже обсуждаются: 1) цель и задачи рудноформационных исследований; 2) генетическое, вещественное, геологическое содержание рудных формаций; 3) рудноформационная таксономическая иерархия; 4) классификация рудообразующих процессов как концентрированное выражение теории рудообразования и рудные формации.

1. Цель и задачи рудноформационных исследований

Очевидна и общепринята цель рудной геологии – поиски законов, управляющих рудообразованием, в прикладном смысле – разработка прогнозных критериев оруденения на основе выявленных законов и закономерностей. Отсюда следует заложенная в рудноформационный метод миссия, – он призван служить средством для достижения обозначенной цели.

Исторически сложилось так, что в СССР и ныне в России рудная геология развивалась и развивается в двух направлениях – генетическом и геологическом (металлогеническом). Первое предполагает реконструкцию термодинамических и физико-химических режимов рудообразования, второе ориентировано на выявление его геологической обусловленности, то есть на оценку геологических процессов с точки зрения их инициирующей образование месторождений роли. Оба направления тесно связаны причинно-следственными отношениями, поскольку рудообразование – составная часть более масштабных геологических процессов, создающих не только полезные ископаемые, но и обширные наборы горных пород, формирующие структуры земной коры, в том числе рудоконтролирующие и рудовмещающие. По этой причине автономность в развитии каждого направления противопоказана, она не обеспечила бы получения общей картины геологических процессов, создающих месторождения, с негативными последствиями для теории и практики.

Приведенными соображениями руководствовались и руководствуются далеко не все специалисты, хотя время всеобщего увлечения эмпирическим (механистическим) подходом в оценке содержания рудных формаций как внегенетических категорий как будто проходит, поскольку стало очевидно, что этот подход в течение сорокалетней его реализации не обеспечил развитие метода, более того, – завел его в тупик. Вместе с тем, по-прежнему популярна идея о том, что генетические и формационные исследования и классификации должны быть автономными и развиваться самостоятельно [1].

С позиций приведенных соображений следует оценивать рудные формации, которые для достижения обозначенной цели должны аккумулировать в себе генетическую и металлогеническую информацию в объеме геологических рудообразующих систем. Этим определяются задачи рудноформационных исследований. Они заключаются в решении генетических и металлогенических проблем, тесно взаимосвязанных единством геологических и рудообразующих процессов. Однако решать эти проб-

лемы с использованием рудных формаций предлагается иначе, чем это практиковалось в прошлом и практикуется поныне в рамках моно- и поликомпонентного направлений применения руднoформационного метода.

2. Генетическое, вещественное, геологическое содержание рудных формаций

Месторождения полезных ископаемых всегда были, остаются и останутся в будущем основным источником информации о процессах рудообразования, реконструкция которых в генетическом и геологическом аспектах служит средством углубления и расширения знаний о сущности этих процессов. Набирающий силу дедуктивный метод познания в рудной геологии с применением эксперимента, теоретических расчетов и моделирования не исключает, а предполагает сопоставление получаемых результатов с теми, которые следуют из изучения природных объектов. Более того, последнее способствует генерации идей, гипотез, которые проверяются в эксперименте и расчетах.

В связи с этим сохраняется потребность типизации месторождений, которая обеспечила бы обобщение генетической и геологической информации об условиях их образования, выявление законов и закономерностей процессов в объеме каждого типового сообщества при том, что за рамками последнего оставались бы мешающие факторы, – частные особенности месторождений, не повторяющиеся во всем сообществе. Необходима рациональная система обобщения такого рода данных. Рудная формация, несущая сейчас разное смысловое содержание, может способствовать решению этой задачи и созданию такой системы при условии, что она будет удовлетворять ряду требований.

Оценивать рудную формацию как генетическую категорию в соответствии с идеями основоположников метода было рекомендовано в решении Всесоюзного металлогенического совещания в Новосибирске в 1964 г., т.е. в начальный период массового увлечения эмпирическим (механистическим) подходом в формационной типизации месторождений, отрицающим учет их генезиса [1].

Это решение было естественно тогда и актуально сейчас, ибо без ориентации на понимание генетической сущности процессов исследования носят схоластический характер и завершаются набором признаков, раскрывающих условия локализации оруденения, но не пригодных или ограниченно пригодных для объяснения причин того, что в каждом конкретном случае представлял собой рудообразующий процесс и как он функционировал. Система обобщения данных о генезисе оруденения (типизации) должна быть адекватна этому и каждый её таксон (совокупность месторождений – рудная формация) должен быть способным аккумулировать в себе новые данные о генезисе объектов, его образующих, насыщаться новой информацией без нарушения целостности и структуры системы посредством направления новых данных в соответствующую её ячейку.

Для удовлетворения требования к рудной формации как генетической категории, способствующей решению одной из обозначенных выше задач рудной геологии, существуют необходимые условия – открыты законы, закономерности, доказаны многие положения. Все это снижает остроту и справедливость утверждений о тотальной гипотетичности представлений о физико-химических, термодинамических и других параметрах рудообразования. Напротив, с высоты накопленных в рудной геологии знаний и опыта следует, как отмечалось, констатировать, что механистический подход, поддерживаемый некоторыми специалистами и сейчас, изжил себя и не имеет будущего.

Многолетняя практика формационных исследований показывает, что вещественное содержание рудных формаций остается нерешенным проблемным вопросом метода. Ранее предлагался вариант решения этого вопроса [5], и это предложение сохраняет свою силу. Вариант опирается на следующие общеизвестные факты и соображения.

Любой геологический сопровождаемый рудообразованием процесс завершается созданием обширных наборов горных пород – магматических, метаморфических, метасоматических, кор выветривания, осадочных. Рудные, в том числе промышленно интересные минералы, определяющие новообразования как месторождения, составляют, как правило, малую или даже несопоставимо малую долю от всего объема и номенклатуры созданного процессом субстрата. Судить о генетической и геологической сущности процесса можно и рационально посредством разностороннего изучения всего созданного им вещества, а не отдельных его фрагментов – рудных минералов, которые к тому же в наиболее трудно поддающихся формационной типизации гидротермальных месторождениях нередко образованы в поздние стадии процесса и в силу этого не способны обеспечить получение значимых выводов о процессе в целом, но которые до сего времени служат вещественной основой рудных формаций. Уместно напомнить известные высказывания некоторых ученых (С.С. Смирнова, Д.С. Коржинского, Ф.Н. Шахова и других) о том, что околорудно измененные породы гидротермальных месторождений, например, содержат в себе больше генетической информации, чем ассоциации рудных минералов. Поэтому, рудную формацию в аспекте её вещественного содержания целесообразно ориентировать на учет всего вещества, созданного геологическим рудообразующим процессом.

Выполнение данного требования обеспечивается успехами, достигнутыми в области формационной типизации магматических, метасоматических, осадочных ассоциаций горных пород. Получили формационное оформление, в частности, те породы, которые содержат сингенетичные им руды. Особенно значительные успехи достигнуты в фор-

мациологии гидротермальных метасоматических образований – выделены дискретные метасоматические формации, каждая из которых обладает вещественным (ассоциации горных пород), структурным (минеральная зональность ореолов), генетическим (физико-химические и термодинамические режимы образования), геохимическим (ассоциации элементов), наконец, металлогеническим (ассоциации полезных ископаемых) своеобразием. Это кремне-щелочные метасоматиты, известковые и магнезиальные скарны, грейзены, альбититы, березиты, аргиллизиты, пропилиты, эйситы, вторичные кварциты и другие, – всего более двух десятков. Осталось мало метасоматических образований, которые не получили пока формационного оформления, и последнее – дело недалекого будущего.

Представляется очевидным, что вещественной основой рудных формаций могут и должны служить соответствующие рудоносные геологические формации, а рудной формацией следует считать геологическую, содержащую сингенетичные ей полезные ископаемые в полной номенклатуре. Надо думать, что наборы полезных ископаемых, специфические для каждой геологической формации, не случайны, а металлогеническая специализация каждой геологической формации – суть вещественное выражение пока не открытых, во всяком случае, в части гидротермального рудообразования, законов, которые еще предстоит открыть. Рудная формация как геологическая с полным набором присущих ей видов полезных ископаемых будет способствовать открытию этих законов.

Некоторое усложнение при использовании геологических формаций в качестве вещественной основы рудных представляют случаи пространственного совмещения двух и более метасоматических формаций, обусловленного особенностями геологических рудообразующих процессов. Скажем, в медно-молибден-порфировых месторождениях в одном объеме рудных тел (штокверков) ранние кварц-полевошпатовые метасоматиты сменяются березитами, а последние – аргиллизитами, в скарновых месторождениях на ранние скарны иногда накладываются грейзены, в грейзеновых месторождениях грейзены сменяются березитами. При этом никто не подвергает сомнению формационную самостоятельность и своеобразие каждого из упомянутых метасоматических образований. В подобных ситуациях основная масса рудного вещества и одного вида образуется синхронно с одной метасоматической формацией. Поскольку весь набор метасоматических формаций – результат одного геологического рудообразующего процесса, т.е. метасоматические формации парагенны, постольку целесообразно данные случаи рассматривать как исключение из общего правила (в одном месторождении – одна метасоматическая формация), а рудную формацию именовать с учетом всех метасоматических формаций, – грейзено-скарновая, березит-грейзеновая и т.д., имея в виду, что рудное вещество отложено во время образования одной из них, которая и должна завершать название.

В общем случае в названии рудной формации помимо наименования рудоносной геологической указываются основные виды присущих ей полезных ископаемых: редкометально-молибден-олововольфрамовая грейзеновая, золото-уран-полиметаллическая березитовая, железо-марганцевая карбонатно-песчано-глинистая, платино-хромитовая габбро (норит)-пироксенит-дунитовая и др.

В приведенном содержании рудная формация рациональна – она представляет вещественное выражение всего геологического рудообразующего процесса, дискретна, что обеспечивается стабилизирующей ролью рудоносной геологической формации, и исключает существующие в традиционных подходах неопределенности.

Существует устойчивое убеждение в том, что рудноформационный метод должен обслуживать потребности только металлогении. Автономизация метода выражается в квалификации его как методической основы металлогенических исследований [7 и др.], в представлениях, согласно которым формационные и генетические классификации месторождений полезных ископаемых самостоятельны и должны разрабатываться и совершенствоваться независимо одна от другой [7–9]. Геологические условия (режимы и/или ситуации) закладываются в рудные формации как важнейший диагностический признак, особенно в рамках поликомпонентного направления. Выше отмечалось и напомним, что в случае конвергентного оруденения диагностическое значение геологических условий рудообразования нередко лишь декларируется – приходится мириться с тем, что вопреки формулировке рудная формация объединяет месторождения, образованные в разных геологических условиях. Важно подчеркнуть и то, что в рамках обоих направлений метода рудные формации могут быть выделены (обоснованы) только после выполнения металлогенических исследований, то есть они выступают в качестве цели последних и обладают ограниченными возможностями в том, чтобы служить их средством.

Возможен и представляется рациональным другой вариант – исключить на этапе выделения рудных формаций учет геологических режимов (обстановок) рудообразования. В таком направлении в последние десятилетия развивается осадочная, магматическая формациология, а метасоматические формации, демонстрирующие наибольшие успехи, изначально не несут в себе геологического содержания и обосновываются исключительно по вещественно-генетическим показателям без привлечения геологических режимов, условий образования. Предлагаемая операция обеспечивает: 1) дополнительную стабилизацию рудных формаций, поскольку исключается нагрузка на нее в части дискуссионных до сего времени, ныне и в будущем положений, касающихся геологических условий рудообразования, особенно трудно доказываемых связей его с магматизмом, метаморфизмом и других; 2) рациональное изменение целевой установки

– рудные формации перестают быть труднодостижимой целью металлогенических исследований, но могут быть использованы в качестве их средства, поскольку создается система эталонных рудных формаций, не несущих геологического содержания; 3) расширение сферы приложения формационного метода путем использования системы эталонных рудных формаций для решения как генетических, так и металлогенических проблем в их органическом единстве в качестве средства генетических (система обобщения информации, в том числе накапливающейся новой) и металлогенических исследований; в последнем случае геологические режимы, обстановки, ситуации типизируются по наборам рудных формаций.

Предлагаемый вариант создания совокупности (системы) эталонных рудных формаций на основе вещественно-генетических признаков согласуется с аналогичными современными подходами к выделению и обоснованию метасоматических, магматических, осадочных формаций, которые призваны составить вещественную основу рудных.

3. Формационная таксономическая иерархия

Поликомпонентные рудные (рудно-геологические) формации ориентированы на выявление законов, раскрывающих причины и условия металлогенической специализации (типовых наборов полезных ископаемых) осадочных, магматических, гидротермальных метасоматических формаций.

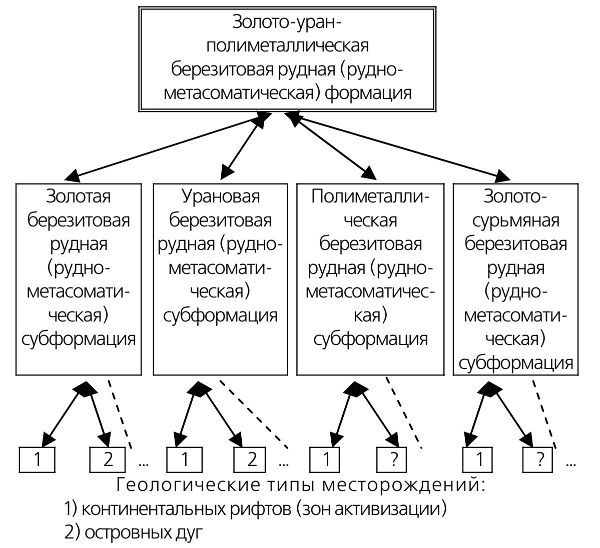


Рисунок. *Схема формационной таксономической иерархии (фрагмент)*

Существующая потребность разностороннего исследования типовых сообществ месторождений одного полезного ископаемого реализуется посредством дифференциации поликомпонентных рудных формаций на монокомпонентные рудные субформации по видам полезных ископаемых. В случае конвергентного рудообразования монокомпонентные рудные субформации включают в себя геологические типы по числу типовых геологических условий рудообразования. Очевидно, для месторождений разного генезиса геологические условия рудообразования разные. Для эндогенного оруденения наиболее важны геодинамические режимы земной коры, связь с магматизмом или метаморфизмом, контроль рудоносных площадей разного масштаба структурными элементами земной коры. Для экзогенного оруденения помимо геодинамических режимов земной коры приобретают определяющее значение геоморфологические, климатические условия и т.д.

Пример формационной таксономической иерархии приведен на рисунке.

4. Классификация рудообразующих процессов и рудные формации

Причинно-следственные отношения геологических процессов и рудообразования, обусловленного этими процессами и органически с ними связанного, формируют требования к классификации рудообразующих процессов как концентрированному выражению теории. Эта классификация должна быть геолого-генетической, то есть аккумулировать в себе металлогенический и генетический компоненты, на что обращал внимание еще С.С. Смирнов шестьдесят лет назад [10].

Тот факт, что в течение всего двадцатого столетия разрабатывалась, изменялась только генетическая классификация, объясняется недостатком достоверных данных о геологических процессах, инициирующих и обеспечивающих рудообразование, в приложении ко всем или хотя бы большинству генетических типов месторождений. Редкие опубликованные варианты геологической (формационной) классификации носили всего лишь региональный характер. Внесла свой вклад и смена в семидесятых-восьмидесятых годах тектонической (геодинамической) парадигмы развития Земли, которая потребовала существенной корректировки многих положений металлогении, разработанных в рамках классической геосинклинальной концепции.

Это однако не реабилитирует идею автономизации генетической и формационной классификаций, которая высказывается представителями обоих направлений формационных исследований. Все приведенные выше соображения направлены на то, чтобы создать такую классификацию рудообразующих процессов, которая бы следовала формализованным принципам классифицирования естественно-научных объектов и явлений, следующих, в свою очередь, из теории систем, и объединяла бы оба компонента природных процессов – генетический и металлогенический без ущерба для обоих. Рудная формация как средство типизации месторождений полезных ископаемых в предлагаемом варианте несет в себе генетическую и геологическую, заложенную в геологических типах, информацию, и в силу этого способна выполнять функцию непосредственного основания объединенной геолого-генетической классификации, которую в ряде

фрагментов возможно создавать уже сейчас. На данном начальном этапе её создания целесообразно определяться в структуре такой классификации.

Предлагается вариант матричной структуры, фрагмент которой имеет следующий вид (табл.).

Таблица. *Схема структуры геолого-генетической классификации рудообразующих процессов (фрагмент)*

Геологический компонент →

Генетический компонент ↓

<table>
<tr><th colspan="4">Генетические таксоны</th><th colspan="3">Геологические режимы</th></tr>
<tr><th>Группа</th><th>Категория</th><th>Класс</th><th>Подкласс</th><th>Континентальных рифтов</th><th>Островных дуг</th><th>...</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Эндогенные</td><td>Магматические</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Флюидно-магматические</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Гидротермальные</td><td rowspan="2">Магматогенные</td><td>Плутоногенные (мезотермальные)</td><td>1, 2...</td><td>1, 2...</td><td></td></tr>
<tr><td>Вулканогенные (эпитермальные)</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Метаморфогенные</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

1 – редкометально-молибден-олово-вольфрамовая грейзеновая рудная формация

2 – золото-уран-полиметаллическая березитовая рудная формация

В вертикальном направлении сменяются таксоны генетического компонента классификации, в горизонтальном – геологического (металлогенического). По-видимому, ведущим, в ранге высшего таксона, фактором следует считать геологические (геодинамические) режимы рудообразующих процессов, которые определяют строение и субстрат земной коры, процессы магматизма, метаморфизма, осадконакопления, сопутствующего рудообразования. Ячейки классификации заполняются информацией о рудных формациях (субформациях), а последние сопровождаются характеристикой всего комплекса условий размещения и образования оруденения, представляющих основу и комплекса прогнозно-поисковых критериев. Для сохранения компактности классификации всю перечисленную и другую представляющую интерес информацию целесообразно аккумулировать в приложении к ней.

Заключение

Необходимость поиска путей совершенствования рудноформационного метода диктуется неудовлетворительным современным его состоянием и потребностью рациональной типизации месторождений полезных ископаемых по условиям их образования с целью выявления законов, управляющих рудообразующими процессами, и прикладных следствий этих законов. Неудовлетворительное состояние метода показано в предыдущих статьях [1, 2]. В данной статье обсуждается вариант изменения целевых установок метода в направлении расширения его функций. Метод рассматривается как средство решения генетических и металлогенических проблем. В соответствии с этим корректируется содержание рудных формаций, изменяется рудноформационная таксономическая иерархия и показана возможность использования рудных формаций в качестве непосредственного основания геолого-генетической классификации рудообразующих процессов, которая приобретает прогнозные функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Ч. 1 // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 4. – С. 30–37.
2. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Ч. 2 // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 5. – С. 28–35.
3. Смирнов С.С. К оценке оловорудных районов // Советская геология. – 1941. – № 3. – С. 3–16.
4. Щеглов А.Д. О практическом значении понятия "рудная формация" // Эндогенные рудные формации Сибири и проблемы рудообразования. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 41–47.
5. Кучеренко И.В. О генетической классификации рудных формаций // Геология и геохимия рудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 4–16.
6. Кучеренко И.В. Рудные формации как средство генетических и металлогенических исследований // Минералогия и геохимия месторождений железа и золота. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1988. – С. 3–9.
7. Строна П.А. Главные типы рудных формаций. – Л.: Недра, 1978. – 199 с.
8. Константинов Р.М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. – М.: Наука, 1973. – 216 с.
9. Авдонин В.В. Принципы геолого-промышленной типизации рудных месторождений. – М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1999. – 40 с.
10. Смирнов С.С. Рецензия на статью П. Ниггли "Систематика магматогенных рудных месторождений" // Известия АН СССР. Серия геологическая. – 1947. – № 1. – С. 154–159.